



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102701066 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 25

(21) 申请号 201110306788. 5

(22) 申请日 2011. 10. 11

(73) 专利权人 国家核电技术有限公司

地址 100029 北京市西城区北三环中路 29 号院 1 号楼

专利权人 山东核电设备制造有限公司

(72) 发明人 李军 王国彪 杨中伟 晏桂珍  
王厚高 陈辉 单慧敏 刘茂平  
杨照东

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 孙纪泉

(51) Int. Cl.

B66C 1/12(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101967886 A, 2011. 02. 09, 说明书

0060-0082 段、附图 1-13.

CN 101898281 A, 2010. 12. 01, 说明书第  
0021-0023 段、附图 1-4.

CN 101830392 A, 2010. 09. 15, 说明书  
0046-0051 段、附图 4-9.

DE 2435533 A1, 1976. 02. 02, 全文.

US 4432128 A, 1984. 02. 21, 全文.

审查员 周琦

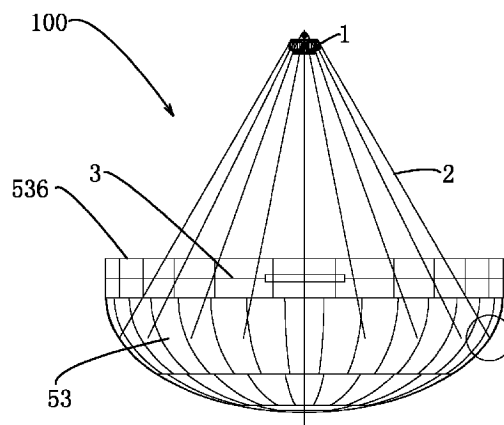
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法

(57) 摘要

一种用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法, 组装模块由具有内壁面和外壁面的壳体限定而成并包括圆形开口, 吊装方法包括如下步骤: 步骤 S10: 在内壁面的邻近开口处设置以相等的间隔布置在同一圆周上的至少三个第一连接部; 步骤 S20: 在内壁面或外壁面上设置多个第二连接部; 步骤 S30: 提供包括至少三个拉紧件的拉紧组件; 步骤 S40: 将每个拉紧件的第一端连接至其它拉紧件中的至少一个的第一端, 并将每个拉紧件的第二端连接至一个相应的第一连接部, 其中每个拉紧件本身或者其延长线穿过圆周的圆心; 步骤 S50: 将多个吊索中的每个吊索的第一端连接至分配器, 将每个吊索的第二端连接至一个相应的所述第二连接部; 以及步骤 S60: 提升分配器, 以吊起组装模块。



1. 一种用于吊装核电站中使用的钢制安全壳的封头(52,53)的吊装方法,所述封头由具有内壁面(323,533)和外壁面(524,534)的壳体(525,535)限定而成并包括圆形开口(526,536),所述封头包括圆弧部分和与圆弧部分连接的圆柱部分,所述圆柱部分限定所述圆形开口,所述钢制安全壳还包括中间圆柱形筒体,所述圆筒部分适于与所述中间圆柱形筒体连接,所述吊装方法包括如下步骤:

步骤 S10:在所述圆柱部分的内壁面的邻近所述开口(526,536)处设置以相等的间隔布置在一圆周上的至少三个第一连接部(527,537);

步骤 S20:在所述圆弧部分的内壁面或外壁面上设置多个第二连接部(528,538);

步骤 S30:在所述圆柱部分内在所述一圆周上提供包括至少三个拉紧件(31)的拉紧部(3);

步骤 S40:将每个拉紧件的第一端直接或者间接地连接至其它拉紧件中的至少一个的第一端,并将每个拉紧件的第二端连接至一个相应的第一连接部,其中每个拉紧件本身或者其延长线穿过所述圆周的圆心;

步骤 S50:将多个吊索(2)中的每个吊索的第一端连接至分配器(1),将每个吊索的第二端连接至一个相应的所述第二连接部;以及

步骤 S60:提升所述分配器,以吊起所述封头。

2. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,在步骤 S40 中,在每个所述拉紧件上都设置拉紧件调节器(32),并通过调节所述拉紧件调节器(32)使每个所述拉紧件具有大致相等的张紧度。

3. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,在步骤 S50 中,在每个所述吊索上都设置吊索调节器(21),并通过调节所述吊索调节器(21)而调节所述吊索的长度。

4. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,在步骤 S40 中,使每个拉紧件都与其它布置在一条直线上的对应的两个拉紧件垂直。

5. 如权利要求 1-4 中的任一项所述的吊装方法,其中,在所述拉紧部进一步设置连接环(33),并在步骤 S40 中将每个拉紧件的第一端都连接至所述连接环。

6. 如权利要求 5 所述的吊装方法,其中,所述步骤 S40 进一步包括:在所述连接环的外部设置以相等的间隔布置的具有连接孔的多个第一耳状部(34);以及

利用连接在每个所述拉紧件的第一端和第二端的第一挂钩(35),将所述拉紧件连接在所述连接环与所述第一连接部之间。

7. 如权利要求 1-4 中的任一项所述的吊装方法,其中,在步骤 S40 中,将一个所述拉紧件与其它一个对应的拉紧件直接连接以形成为一个布置在一条直线上的一体式拉紧件,所述一体式拉紧件的两端连接至相应的第一连接部。

8. 如权利要求 1-4 中的任一项所述的吊装方法,其中,所述分配器(1)包括:

环形支撑梁(11);

提升座(12),连接在所述支撑梁上,所述提升座上设有提升孔(13);

多个第二耳状部(15),以相等的间隔布置在所述支撑梁的外部,每个第二耳状部上设有用于连接相应的所述吊索的第一端的通孔(16)。

9. 如权利要求 8 所述的吊装方法,其中,所述提升座横跨所述支撑梁固定在所述支撑梁上,所述支撑梁上进一步设有垂直于所述提升座的加强件(14)。

10. 如权利要求 9 所述的吊装方法,其中,在所述吊索的第一端和第二端都连接第二挂钩(22),以在步骤 S50 中将所述吊索分别连接至所述分配器的相应第二耳状部和所述封头的相应第二连接部。

11. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,每个拉紧件拉紧时的长度为 17 米-22 米。

12. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,所述拉紧件为绳索或者钢索。

13. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,所述封头为底封头,并且在所述步骤 S20 中,在所述圆弧部分的内壁面上设置多个所述第二连接部。

14. 如权利要求 13 所述的吊装方法,其中,所述第一连接部和第二连接部共用一组连接部。

15. 如权利要求 1 所述的吊装方法,其中,所述封头为顶封头,并且在所述步骤 S20 中,在所述圆弧部分的外壁面上设置多个所述第二连接部。

## 用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法,特别是,涉及一种用于吊装应用于诸如核电、化工、石油存储或冶炼等场所中的超大型容器的组装模块的吊装方法。

### 背景技术

[0002] 在大型反应堆核电站中,通常使用安全壳或容器冷却系统作为非能动安全系统,用于在发生例如主蒸汽管道破裂之类的现场事故时降低容器内的压力和温度。容器需要具有良好的结构完整性,以便在发生反应堆冷却剂失水的事故时由容器包容来自于堆芯的辐射。另外,在诸如化工、石油冶炼或存储等场所也需要大型的容器存储化工原料或石油。

[0003] 图 1 示出了这种大型的安全壳或者容器 500 的一种示例性实例,该容器 500 一般由多个组装模块对接而成,这些组装模块包括中间圆柱形筒体 51、以及位于筒体两端的顶封头 52 和底封头 53,其中筒体 51 包括两个子筒体 511 和 512。根据容器 500 的具体高度,筒体 51 可以具有至少一个子筒体。

[0004] 对于这种大型的容器,需要利用吊装设备将包括底封头 53、各个子筒体 51 和顶封头 52 的组装模块分别运输到安装位置并例如采用焊接方式对接成一个整体。

[0005] 图 2 示出了传统的吊装系统 600 吊装组装模块中的底封头 53 时的正视图。该吊装系统 600 包括:分配器 601、星形吊梁 602、连接在分配器 601 和星形吊梁 602 之间的多个第一缆索 603、以及连接在分配器 601 和将被吊起的底封头 503 之间的多个第二缆索 604。图 3 示出了星形吊梁 602 的俯视图。该星形吊梁 602 包括布置成星形结构的多个等长度的子吊梁 6021。每个子吊梁 6021 的长度大致等于底封头 53 的上部圆形开口的直径,例如大约为 40 米。采用具有这种结构的星形吊梁 602 吊装底封头 53 的过程中,将每个第二吊索 604 连接至相应子吊梁 6021 的端部,然后通过起重机之类的起重设备提升分配器 601,从而将底封头 53 运送到指定的位置。采用这种吊装方法,在吊装和运送过程中,底封头 53 的圆形开口的变形最小。

[0006] 在利用这种吊装系统 600 吊装组装模块的之前,为确保吊装过程安全顺利地执行,需要对星形吊梁 602 进行载荷试验。由于这种星形吊梁 602 的最大尺寸大约为 40 米,若在组装容器的现场对星形吊梁 602 进行载荷试验,受限于现场载荷试验空间、环境和试验设备的限制,难于满足载荷试验的要求;若在组装安全壳的现场以外的场所进行载荷试验,则需要在试验之后再 把星形吊梁 602 运输到组装安全壳的现场。另外,在对一个场所的安全壳进行组装之后再组装其它场所的安全壳时,也需要对星形吊梁 602 进行运输,然而运输这样庞大的星形吊梁非常困难。

### 发明内容

[0007] 为解决现有技术中的上述或者其它技术问题,本发明提供一种用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法,可以在吊装现场组装吊索和拉紧组件,利用分配器和多个吊索实

现各个组装模块的吊装,利用拉紧组件实现防止被吊装的组装模块的变形,并在吊装各个组装模块的过程中,最大程度地防止组装模块发生变形。

[0008] 本发明所解决的技术问题在于提供一种用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法,所述组装模块由具有内壁面和外壁面的壳体限定而成并包括圆形开口,所述吊装方法包括如下步骤:步骤 S10:在所述内壁面的邻近所述开口处设置以相等的间隔布置在同一圆周上的至少三个第一连接部;步骤 S20:在所述内壁面或外壁面上设置多个第二连接部;步骤 S30:提供包括至少三个拉紧件的拉紧组件;步骤 S40:将每个拉紧件的第一端直接或者间接地连接至其它拉紧件中的至少一个的第一端,并将每个拉紧件的第二端连接至一个相应的第一连接部,其中每个拉紧件本身或者其延长线穿过所述圆周的圆心;步骤 S50:将多个吊索中的每个吊索的第一端连接至分配器,将每个吊索的第二端连接至一个相应的所述第二连接部;以及步骤 S60:提升所述分配器,以吊起所述组装模块。

[0009] 有利地,在步骤 S40 中,在每个所述拉紧件上都设置拉紧件调节器,并通过调节所述拉紧件调节器使每个所述拉紧件具有大致相等的张紧度。

[0010] 有利地,在步骤 S50 中,在每个所述吊索上都设置吊索调节器,并通过调节所述吊索调节器而调节所述吊索的长度。

[0011] 有利地,在步骤 S40 中,使每个拉紧件都与其它的一个布置在一条直线上的对应的两个拉紧件垂直。

[0012] 有利地,在所述拉紧组件进一步设置连接环,并在步骤 S40 中将每个拉紧件的第一端都连接至所述连接环。进一步地,所述步骤 S40 进一步包括:在所述连接环的外部设置以相等的间隔布置的具有连接孔的多个第一耳状部;以及利用连接在每个所述拉紧件的第一端和第二端的第一挂钩,将所述拉紧件连接在所述连接环与所述第一连接部之间。

[0013] 有利地,在步骤 S40 中,将一个所述拉紧件与其它一个对应的拉紧件直接连接以形成一个布置在一条直线上的一体式拉紧件,所述一体式拉紧件的两端连接至相应的第一连接部。

[0014] 有利地,所述分配器包括:环形支撑梁;提升座,连接在所述支撑梁上,所述提升座上设有提升孔;多个第二耳状部,以相等的间隔布置在所述支撑梁的外部,每个第二耳状部上设有用于连接相应的所述吊索的第一端的通孔。进一步地,所述提升座横跨所述支撑梁固定在所述支撑梁上,所述支撑梁上进一步设有垂直于所述提升座的加强件。更进一步,在所述吊索的第一端和第二端都连接第二挂钩,以在步骤 S50 中将所述吊索分别连接至所述分配器的相应第二耳状部和所述组装模块的相应第二连接部。

[0015] 有利地,每个拉紧件拉紧时的长度为 17 米-22 米。

[0016] 有利地,所述拉紧件为绳索或者钢索。

[0017] 有利地,所述组装模块为底封头,并且在所述步骤 20 中,在所述内壁面上设置多个所述第二连接部。进一步地,所述第一连接部和第二连接部共用一组连接部。

[0018] 有利地,所述组装模块为具有下开口和上开口的筒体,并且在所述步骤 20 中,在所述内壁面上设置多个所述第二连接部。进一步地,所述第一连接部邻近所述下开口设置,所述第二连接部邻近所述上开口设置。

[0019] 有利地,所述组装模块为顶封头,并且在所述步骤 20 中,在所述外壁面上设置多个所述第二连接部。

[0020] 所述圆形开口的直径可大于 8m。

[0021] 有利地,所述大型容器为核电站中使用的钢制安全壳。

[0022] 根据本发明各种实施例的用于吊装大型容器的组装模块的吊装方法,可以在吊装现场组装吊索和拉紧组件,利用分配器和多个吊索实现各个组装模块的吊装,利用拉紧组件实现防止被吊装的组装模块的变形。拉紧件为具有柔性的绳索或者钢索,可以进行一定程度的弯曲,因此存放整个吊装系统所需的空间小,降低了存放和运输成本。

#### 附图说明

[0023] 本发明将参照附图来进一步详细说明,其中:

[0024] 图 1 是大型容器的外管示意图;

[0025] 图 2 是传统的吊装方法吊装组装模块中的底封头时的正视图;

[0026] 图 3 是传统的吊装系统中星形吊梁的俯视图;

[0027] 图 4A 是根据本发明的一种示例性实施例的吊装方法吊装组装模块中的底封头时各部分的组装示意图;

[0028] 图 4B 是图 4A 中 A 部分的放大示意图;

[0029] 图 4C 是图 4A 中拉紧组件布置在底封头中的俯视图;

[0030] 图 4D 是图 4C 中 B 部分的放大示意图;

[0031] 图 4E 是图 4C 中 C 部分的放大示意图;

[0032] 图 5A 是根据本发明的吊装方法吊装组装模块中的子筒体时各部分的组装示意图;

[0033] 图 5B 是图 5A 中 E 部分的放大示意图;

[0034] 图 5C 是图 5A 中拉紧组件布置在子筒体中时的仰视图;

[0035] 图 5D 是图 5C 中 D 部分的放大示意图;

[0036] 图 5E 是图 5C 中 F 部分的放大示意图;

[0037] 图 6A 是根据本发明的吊装方法吊装组装模块中的顶封头时各部分的组装示意图;

[0038] 图 6B 是图 6A 中 G 部分的放大示意图;

[0039] 图 6C 是图 6A 中拉紧组件布置在顶封头中时的仰视图;

[0040] 图 6D 是图 6C 中 H 部分的放大示意图;

[0041] 图 6E 是图 6C 中 I 部分的放大示意图;

[0042] 图 7A 是本发明的分配器的一种示例性实施例的剖视图;以及

[0043] 图 7B 是本发明的分配器的一种示例性实施例的俯视图。

#### 具体实施方式

[0044] 虽然将参照含有本发明的较佳实施例的附图充分描述本发明,但在此描述之前应了解本领域的普通技术人员可修改本文中所描述的发明,同时获得本发明的技术效果。因此,须了解以上的描述对本领域的普通技术人员而言为一广泛的揭示,且其内容不在于限制本发明所描述的示例性实施例。

[0045] 根据本发明的一种示例性实施例提供一种专门用于吊装大型容器的组装模块的

吊装系统 100。这种容器一般应用在大型反应堆核电站中用于包容堆芯,也可应用在诸如化工、石油冶炼或存储等场所。图 1 示出了这种大型的安全壳或者容器 500 的一种示例性实例,该容器 500 一般由多个组装模块对接而成,这些组装模块包括中间圆柱形筒体 51、以及位于筒体两端的顶封头 52 和底封头 53,其中筒体 51 包括两个子筒体 511 和 512。根据容器 500 的具体高度,筒体 51 可以具有至少一个子筒体。本发明的吊装方法利用吊装系统 100 将包括底封头 53、各个子筒体 51 和顶封头 52 的组装模块分别运输到安装位置并例如采用焊接方式对接成一个整体的容器 500。

[0046] 图 4A-4E 示出了根据本发明的一种示例性实施例的吊装方法吊装容器 500 的底封头 53 时各组成部分的组装示意图。如图 4A、4B 和 4D 所示,底封头 53 的截面具有倒置的大致的拱形形状,由具有内壁面 533 和外壁面 534 的壳体 535 限定而成并包括位于底封头 53 的上部的圆形开口 536。在本发明中,大致拱形的截面一般包括圆弧部分和与圆弧部分连接的圆柱部分,也可以只有圆弧部分。

[0047] 对于这种底封头 53,本发明的吊装方法包括:步骤 S10-步骤 S50。在步骤 S10 中,在内壁面 533 的邻近开口 536 处设置以相等的间隔布置在同一圆周上的 8 对(参见图 4D)第一连接部 537;在步骤 S20 中,在内壁面 533 上设置 16 个第二连接部 538;在步骤 S30 中,提供包括至少三个拉紧件 31 的拉紧组件 3;在步骤 S40 中,将每个拉紧件 31 的第一端直接或者间接地连接至其它拉紧件中的至少一个的第一端,并将每个拉紧件 31 的第二端连接至一个相应的第一连接部 537,其中每个拉紧件本身或者其延长线穿过所述圆周的圆心;在步骤 S50 中,将多个吊索 2 中的每个吊索的第一端连接至能够悬挂到起重机之类的起重设备上的分配器 1,将每个吊索 2 的第二端连接至底封头 53 的一个相应的第二连接部 538;以及在步骤 S60 中,提升分配器 1,以吊起组装模块 3。

[0048] 进一步地,如图 4B 所示,拉紧件 31 为绳索或者钢索。在步骤 S40 中,在每个拉紧件 31 上都设置拉紧件调节器 32,并通过调节拉紧件调节器 31 使每个所述拉紧件具有大致相等的张紧度,这样将拉紧组件 3 的每个拉紧件 31 连接至底封头 53 的相应的第一连接部 537 上时,即所有拉紧件 31 就向车轮的辐条那样从第一连接部 537 所从圆周的圆心径向连接至第一连接部 537,通过调整拉紧件调节器 32 使得每个拉紧件 31 都受力均匀。

[0049] 更进一步地,在每个吊索 2 上都设置用于调节吊索 2 的长度的吊索调节器 21,这样在将吊索 2 连接在分配器 1 和第二连接部 538 之间时,可以在保证底封头 53 的开口 536 处于水平状态的情况下,通过调整吊索调节器 21 使得每个吊索 2 都受力均匀。

[0050] 采用这种布置方式,如果底封头 53 的开口 536 由于受到吊索 2 的不均匀的拉力而在例如拉紧件 311 处产生向内收缩的趋势,根据机械原理,开口 536 在与拉紧件 311 垂直的拉紧件 312 处将会相应地产生向外扩张的趋势,然而,由于拉紧件 312 的拉力,将会限制开口 536 在拉紧件 312 处向外扩张。也就是说,每个拉紧件 31,例如拉紧件 311,限制了开口 536 在该拉紧件的位置向外扩张,从而也限制了开口 536 在与该拉紧件垂直的位置处,例如拉紧件 312 的位置处向内收缩。由于开口 536 在各个方向受到拉紧件 31 的拉力,使得开口 536 在俯视图中保持在近似的圆形状态,这样底封头 53 在开口 536 处的变形最小,从而有利于使底封头 53 与上部的筒体 51 的子筒体 512 进行对接。

[0051] 在一种示例性实施例中,在图 4A 和 4B 所示,在底封头 53 设有 16 个第一连接部 537,相应地,在壳体 535 的外壁面 534 上设有 16 个第二连接部 538,并且吊索 2 和拉紧件

31 的数量也为 16 个。这样,可以将拉紧件 31 和第一连接部 537 成对布置,并且在每对拉紧件 31 中,一个拉紧件的第一端直接或者间接地连接至另一拉紧件的第一端,两个拉紧件的第二端分别连接至一对第一连接部 537,并且每对拉紧件 31 位于穿过圆周的圆心的直径上。采用这种布置方式,在多个拉紧件 31 中,每个拉紧件 31 都与其它布置在一条直线上的两个拉紧件垂直。优选地,拉紧件 31 和第一连接部 537 的数量为 4 的倍数。

[0052] 但在本发明中,拉紧件 31 和第一连接部 537 的数量并不局限于上述实施例。可以理解,只要以等间隔的方式设置 3 个以上的第一连接部 537、以及均匀地布置相应数量的拉紧件 31,都可以在一定程度上实现防止底封头 53 在开口 536 处发生变形的技术效果。进一步地,吊索 2 和拉紧件 31 的数量可以相同,也可以不相同。

[0053] 在本发明的进一步示例性实施例中,参见图 4C、4D 和 4E,拉紧组件 3 进一步设置连接环 33,并在步骤 S40 中将每个拉紧件 31 的第一端都连接至连接环 33。进一步地,在步骤 S40 中连接环 33 的外部设有以相等的间隔布置的多个第一耳状部 34,每个第一耳状部 34 上设有连接孔(未示出),相应地,每个拉紧件 31 的第一端和第二端设有第一挂钩 35,位于拉紧件 31 的第一端的挂钩 35 连接至第一耳状部 34 的连接孔。这样,通过采用挂钩与连接孔配合的方式,可以便于将拉紧件 31 连接至连接环 33。可以理解,第一连接部 537 和第二连接部 538 也可以是耳状结构。

[0054] 在上面的实施例中,各个拉紧件 31 通过连接环 33 间接地连接至其它拉紧件,从而形成一个整体的拉紧组件 3。但本发明并不局限于此,在一种可替换的示例性实施例中,在步骤 S40 中,一个拉紧件与其它一个对应的拉紧件直接连接以形成为布置在一条直线上的一个一体式拉紧件,所述一体式拉紧件的两端连接至相应的第一连接部 537,这样可以不使用连接环。在另一种可替换的实施例中,每个拉紧件 31 的第一端都直接连接在一起。

[0055] 在本发明的吊装系统的一种实施例中,如图 7A 和 7B 所示,分配器 1 包括:环形支撑梁 11;提升座 12,连接在支撑梁 11 上,提升座 12 上设有提升孔 13;多个第二耳状部 15,以相等的间隔布置在支撑梁 12 的外部,每个第二耳状部 15 上设有用于连接相应的吊索 2 的第一端的通孔 16。进一步地,提升座 12 具有一定的长度并横跨支撑梁 11 而固定在支撑梁 11 上,支撑梁 11 上进一步设有垂直于提升座 12 的加强件 14。加强件 14 设置在支撑梁 11 的环形框架内,以增强支撑梁 11 的强度,防止支撑梁 11 在吊装超大型组装模块时发生变形。如图所示,提升座 12 和加强件 14 都可以为 2 个。例如起重机之类的提升装置的吊钩可以挂到提升孔 16 上,从而提起分配器 1。

[0056] 进一步地,吊索 2 的第一端和第二端都设有第二挂钩 22,以将吊索 2 分别连接至分配器的相应第二耳状部 15 上的通孔 16 和相应的第二连接部 538。根据容器 500 的直径,每个拉紧件 11 拉紧时的长度为 17 米-22 米。如果两个拉紧件 11 连接成直线,则其总长度为 34-44 米。在本发明中,分配器 1 的总高度不超过 3 米,最大外部尺寸不超过 4 米,以方便运输。

[0057] 在本发明的一种示例性实施例中,第一连接部 537 和第二连接部 538 可以制作成耳状结构,并通过例如焊接方式分别连接到壳体 535 的内壁面 533 和外壁面 534 上。同样地,第一耳状部 34 和第二耳状部 15 也通过例如焊接方式分别连接到连接环 33 的外部 and 支撑梁 11 的外部。用于拉紧件 11 的第一连接部 537 可以与用于吊索 2 的第二连接部 538 布置成均匀错开,也可以彼此对齐。在一种可替换的实施例中,第二连接部 538 也可以设置在



邻近开口 536 的位置,并且与第一连接部 537 公用一个连接部。

[0058] 下面更详细地描述利用本发明的吊装系统 100 和吊装方法吊装组装模块中的底封头 53 的操作过程。

[0059] 首先,将拉紧组件 3 的各个拉紧件 31 连接至相应的第一连接部 537,通过调节拉紧件调节器 32 使每个拉紧件都处于张紧状态,并以保持底封头 53 的开口 536 为大致的圆形环,以确保开口 536 在吊装过程中产生的变形限制在符合设计要求范围之内;把各个吊索 2 连接到分配器 1 和第二连接部 538 之间,使得每个吊索 2 与水平方向的夹角  $\alpha$  不小于  $60^\circ$ ,并通过吊索调节器 21 调整各个吊索的拉直长度,实现各吊索具有均匀的承载负荷;利用起重机或吊车之类的起重设备的吊钩(未示出)钩住分配器 1 的提升座 12,从而吊起底封头 53 并将其运送到指定的位置。

[0060] 图 5A-5E 示出了根据本发明的一种示例性实施例的吊装方法吊装容器 500 的子筒体 511 时的组装示意图。如图 5A、5B 和 5D 所示,子筒体 511 为具有下开口 516 和上开口 516' 的圆筒形,由具有内壁面 513 和外壁面 514 的壳体 515 限定而成,在内壁面 513 的邻近下开口 516 处设有以相等的间隔布置在同一圆周上的 8 对(参见图 5C)第一连接部 517,在外壁面 514 上设有 16 个第二连接部 518。在一种示例性实施例中,第二连接部 518 设置在邻近上开口 516' 的位置,以在吊装过程中保持子筒体 511 的稳定性;而第一连接部 517 设置在邻近下开口 516 的位置,以在吊装过程中保持下开口具有较小的变形。

[0061] 在利用本发明的吊装方法吊装组装模块中的子筒体 511 的操作过程中,首先,将拉紧组件 3 的各个拉紧件 31 连接至相应的第一连接部 517,通过调节拉紧件调节器 32 使每个拉紧件都处于张紧状态,并保持子筒体 511 的下开口 516 为大致的圆形环,以确保下开口 516 在吊装过程中产生的变形限制在符合设计要求范围之内;把各个吊索 2 连接到分配器 1 和第二连接部 518 之间,使得每个吊索 2 与水平方向的夹角  $\alpha$  不小于  $60^\circ$ ,并通过吊索调节器 21 调整各个吊索的拉直长度,实现各吊索具有均匀的承载负荷;利用起重机或吊车之类的起重设备的吊钩(未示出)钩住分配器 1 的提升座 12,从而吊起子筒体 511 并将其运送到已安装好的底封头 53 所在的位置,将子筒体 511 的下开口 516 与底封头 53 的开口 536 对齐。之后,例如通过焊接方式连接下开口 516 和开口 536,从而将子筒体 511 连接到底封头 53。如果还有另外的筒体 512,则可以以同样的方式吊装另一子筒体 512,并连接至已安装好的筒体 511 上。

[0062] 图 6A-6E 示出了根据本发明的一种示例性实施例的吊装方法吊装容器 500 的顶封头 52 时的组装示意图。如图 6A、6B 和 6D 所示,顶封头 52 的形状与底封头 53 的形状大致相同,只是在容器 500 上放置的方向不同。顶封头 52 的截面具有大致的拱形形状,由具有内壁面 523 和外壁面 524 的壳体 525 限定而成并包括位于顶封头 52 的下部的圆形开口 526,在内壁面 523 的邻近开口 526 处设有以相等的间隔布置在同一圆周上的 8 对(参见图 6C)第一连接部 527,在外壁面 524 上设有多个(例如 16 个)第二连接部 528。

[0063] 在利用本发明的吊装方法吊装组装模块中的顶封头 52 的操作过程中,首先,将拉紧组件 3 的各个拉紧件 31 连接至相应的第一连接部 527,通过调节拉紧件调节器 32 使每个拉紧件都处于张紧状态,并保持顶封头 52 的开口 526 为大致的圆形环,以确保开口 526 在吊装过程中产生的变形限制在符合设计要求范围之内;把各个吊索 2 连接到分配器 1 和第二连接部 528 之间,使得每个吊索 2 与水平方向的夹角  $\alpha$  不小于  $60^\circ$ ,并通过吊索调节器

21 调整各个吊索的拉直长度,实现各吊索具有均匀的承载负荷;利用起重机或吊车之类的起重设备的吊钩(未示出)钩住分配器 1 的提升座 12,从而吊起顶封头 52 并将其运送到已安装好的子筒体 511(也可能是另一筒体 512,如果有的话)所在的位置,将顶封头 52 的开口 526 与子筒体 511 的上开口 516' 对齐。之后,例如通过焊接方式连接上开口 516 和开口 526,从而将顶封头 52 连接到子筒体 511。这样,就可以形成一个完整的容器 500。

[0064] 虽然在上面的实施例中,描述了开口 526 和 536、下开口 516 和上开口 516' 都为圆形,但本发明并不局限于此,可以理解,根据本发明的构思,开口 526 和 536、下开口 516 和上开口 516' 也可以为近似的圆形、或者长轴和短轴很相近(例如长轴与短轴的比值小于 1.2)的椭圆形,这也在本发明的保护范围之内。

[0065] 所述圆形开口的直径可大于 8m。

[0066] 有利地,所述大型容器为核电站中使用的钢制安全壳。

[0067] 根据本发明的上述实施例提供的吊装系统,利用分配器 1 和多个吊索 2 实现各个组装模块的吊装,利用拉紧组件 3 实现防止被吊装的组装模块的变形。可以在吊装现场组装吊索和拉紧组件,拉紧件 31 为具有柔性的绳索或者钢索,可以进行一定程度的弯曲,因此存放整个吊装系统所需的空間小,降低了存放和运输成本。而且吊索和拉紧件与分配器、组装模块、以及连接环之间采用挂钩式连接,方便整个吊装系统的组装,降低了组装吊装系统的劳动强度。

[0068] 进一步地,本发明的吊装系统的最大尺寸可以限制在不超过 4 米,对其进行载荷试验时,对试验场地与试验设备的限制较小,便于提高吊装系统的载荷能力,提升吊装系统的实际最大起重量,扩大使用范围。特别是,在建造大型反应堆核电站过程中,不需要针对每个安全壳都重新进行一次载荷试验。

[0069] 本领域的技术人员可以理解,上面所描述的实施例都是示例性的,并且本领域的技术人员可以对其进行改进,各种实施例中所描述的结构在不发生结构或者原理方面的冲突的情况下可以进行自由组合,从而在解决本发明的技术问题基础上,实现更多种吊装系统。

[0070] 在详细说明本发明的较佳实施例之后,熟悉本领域的技术人员可清楚的了解,在不脱离随附权利要求的保护范围与精神下可进行各种变化与改变,且本发明亦不受限于说明书中所举示例性实施例的实施方式。

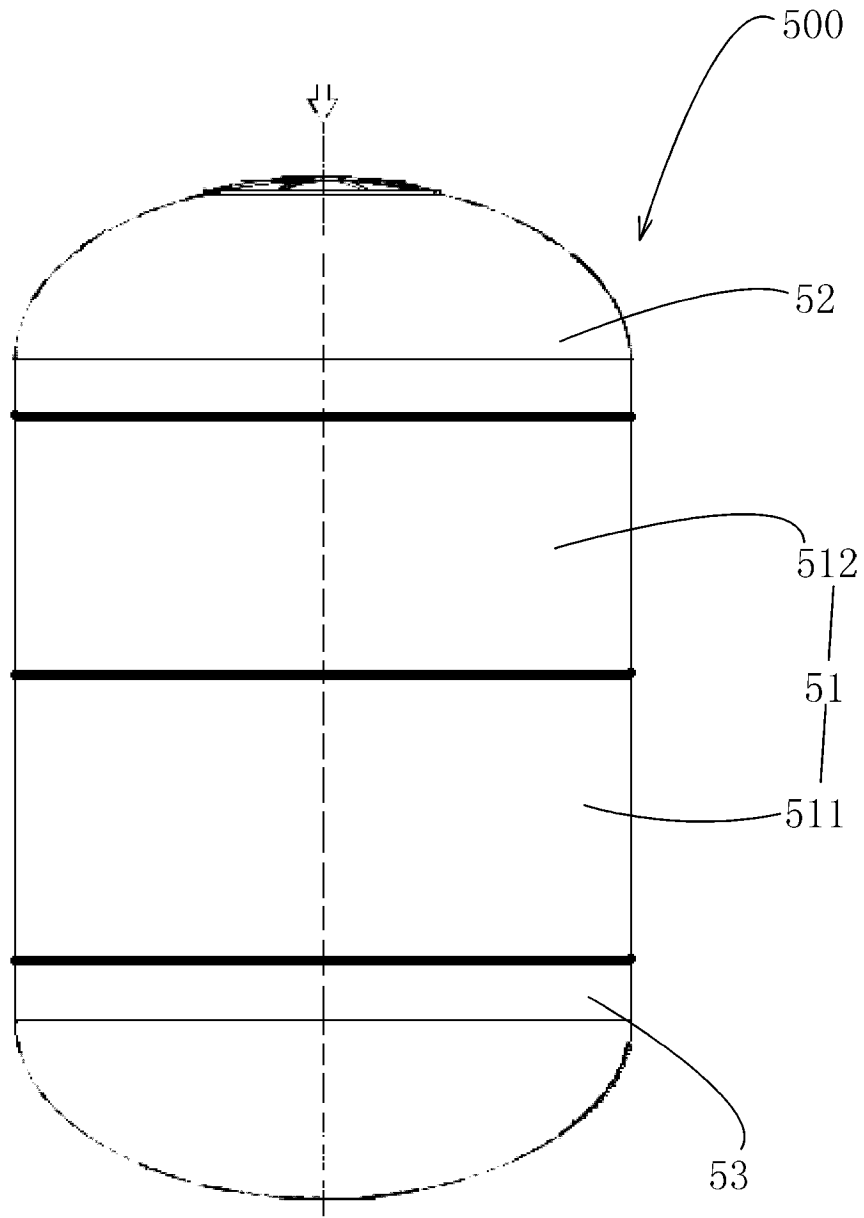


图 1

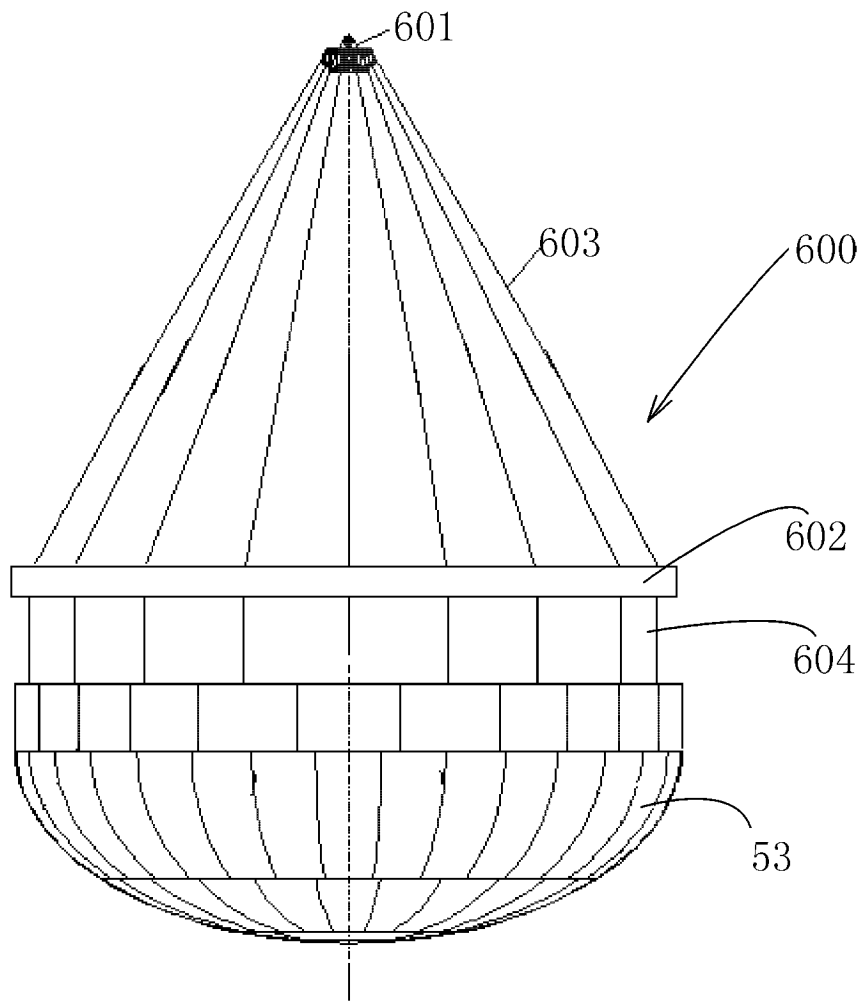


图 2

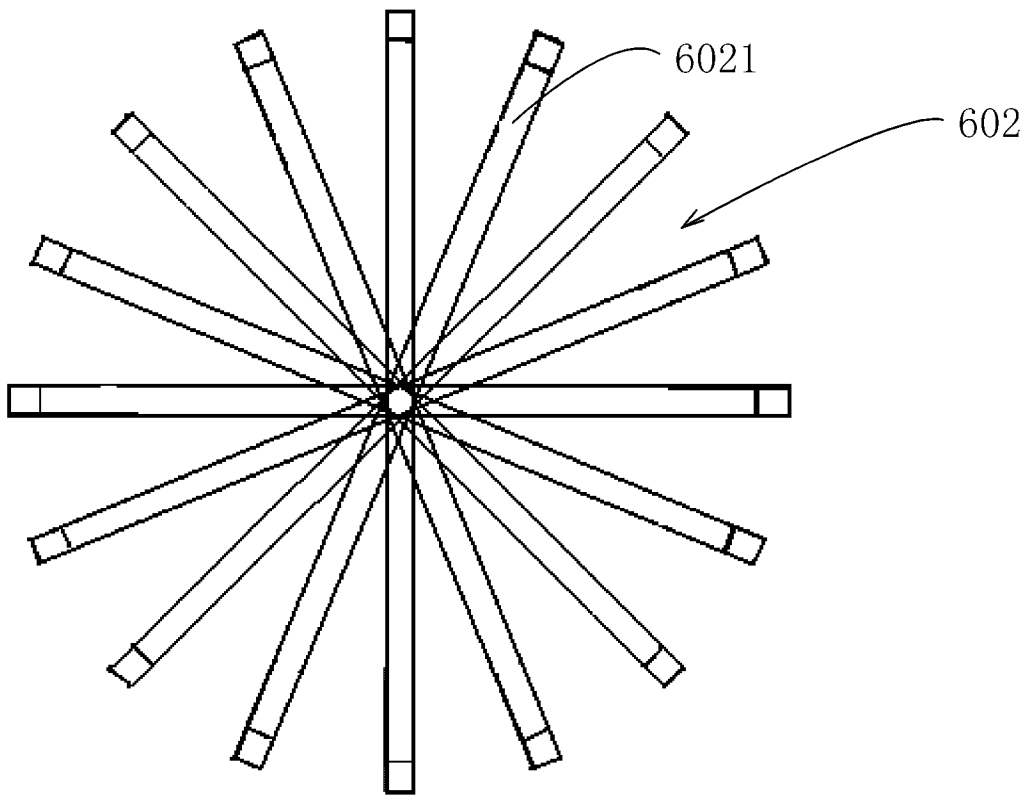


图 3



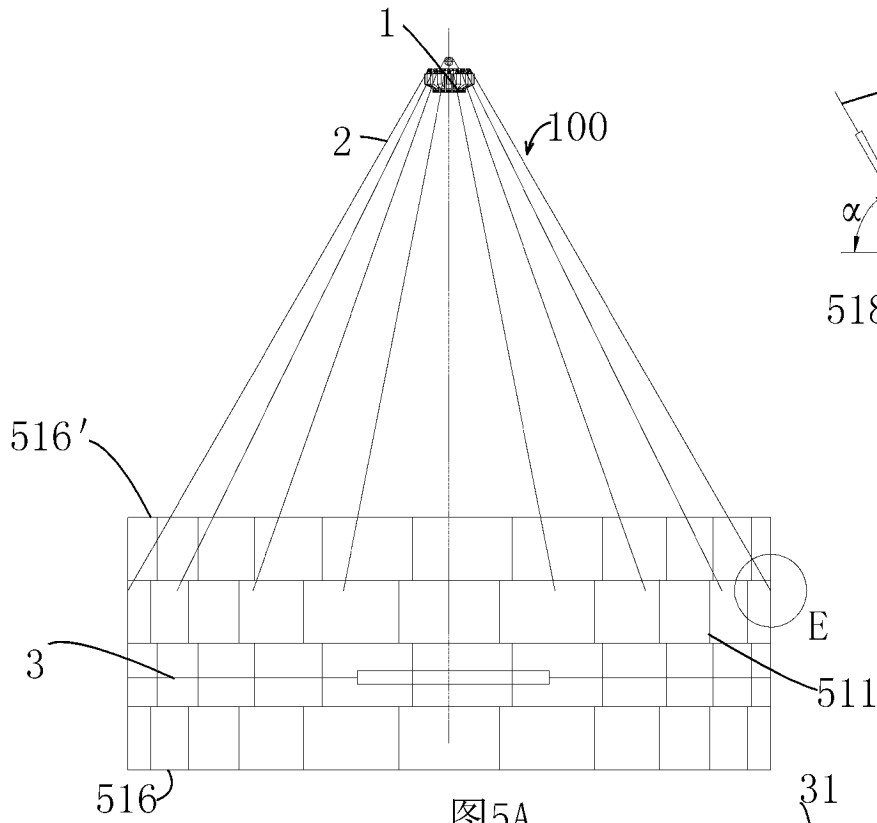


图5A

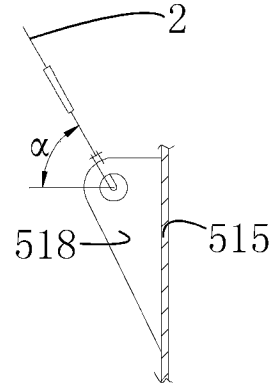


图5B

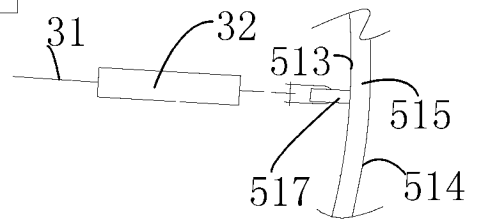


图5D

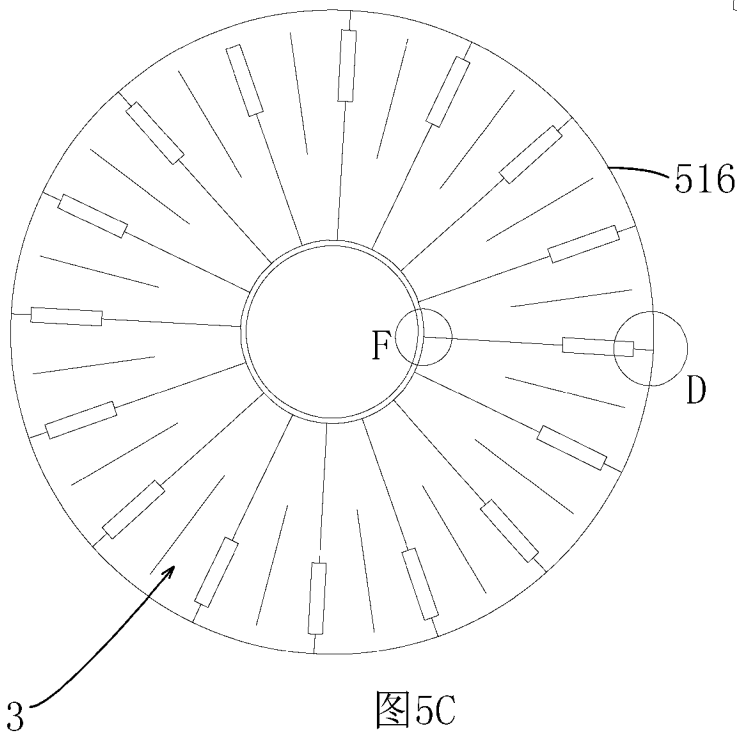


图5C

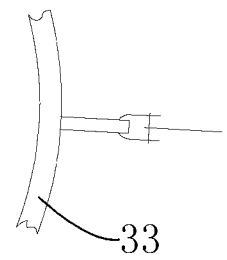


图5E

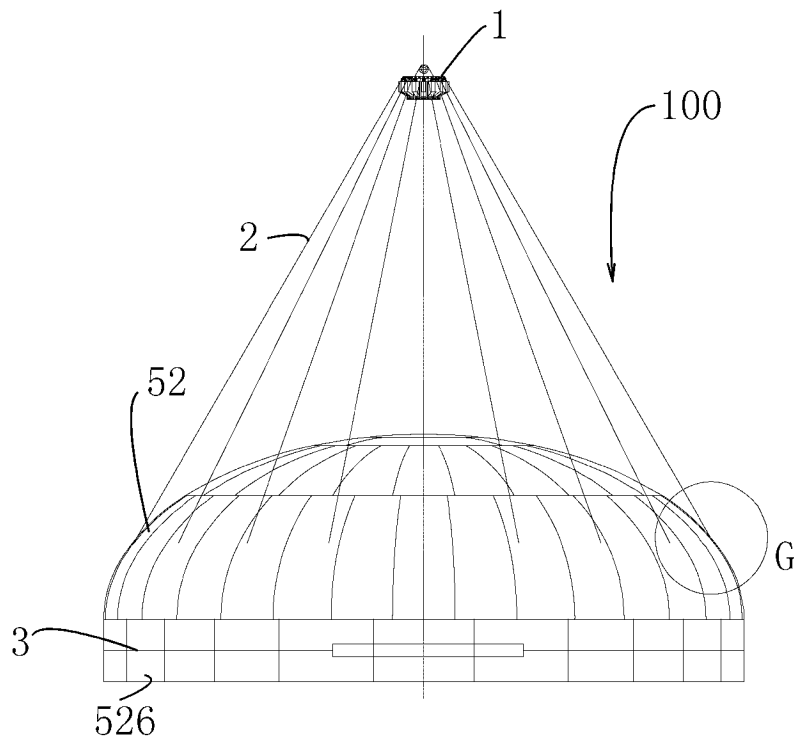


图 6A

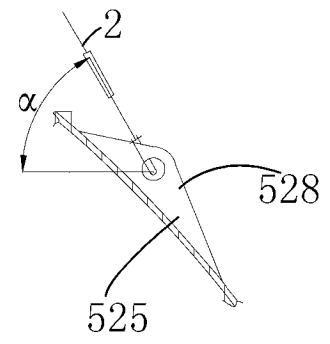


图 6B

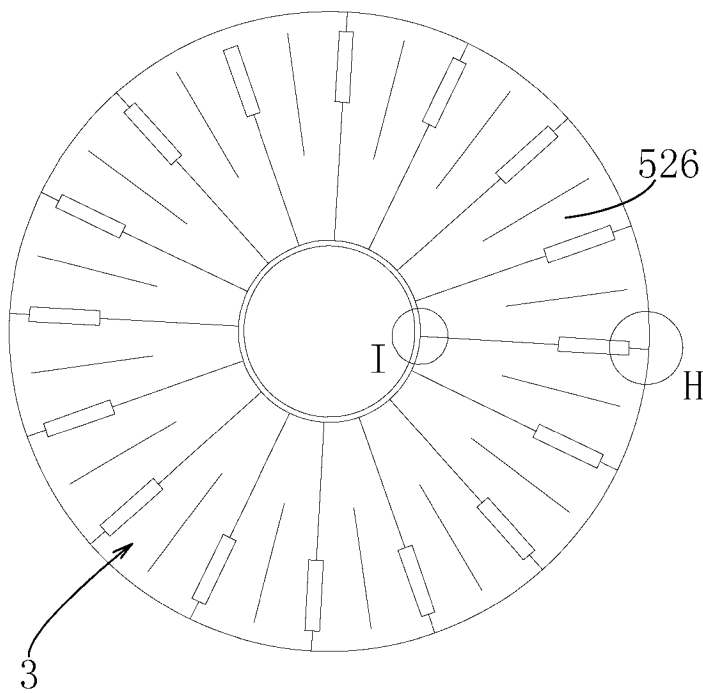


图 6C

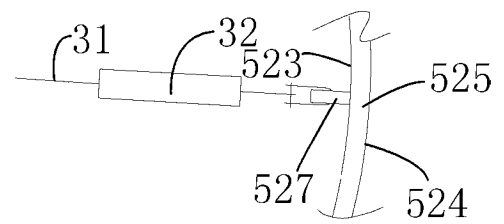


图 6D



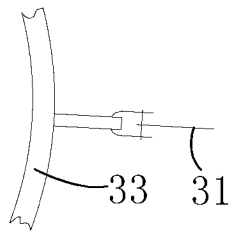


图 6E

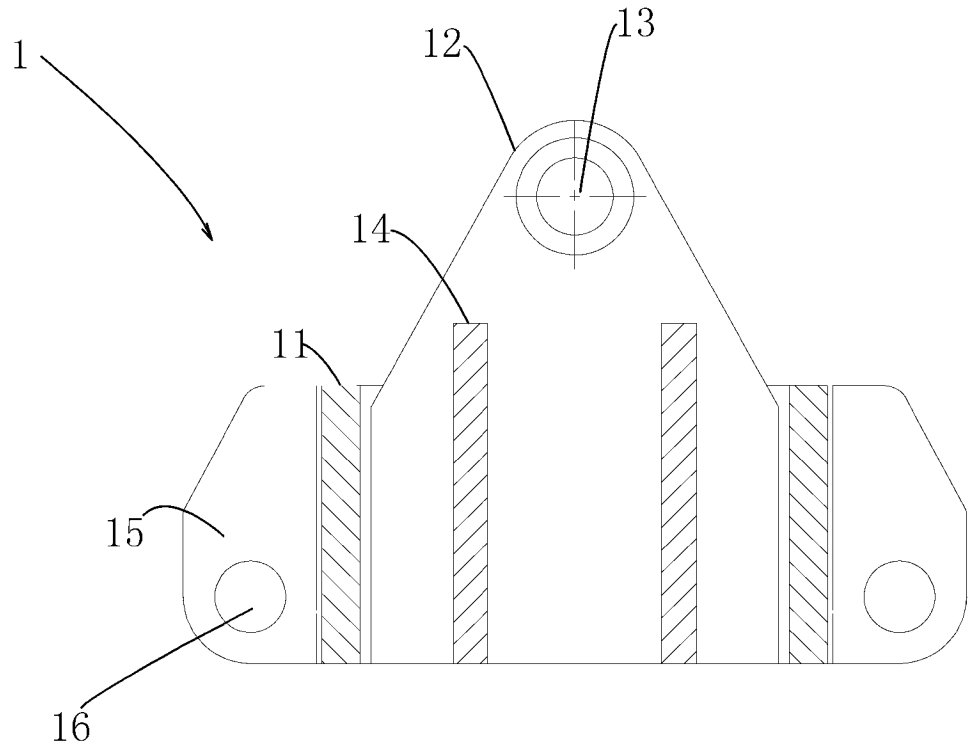


图 7A

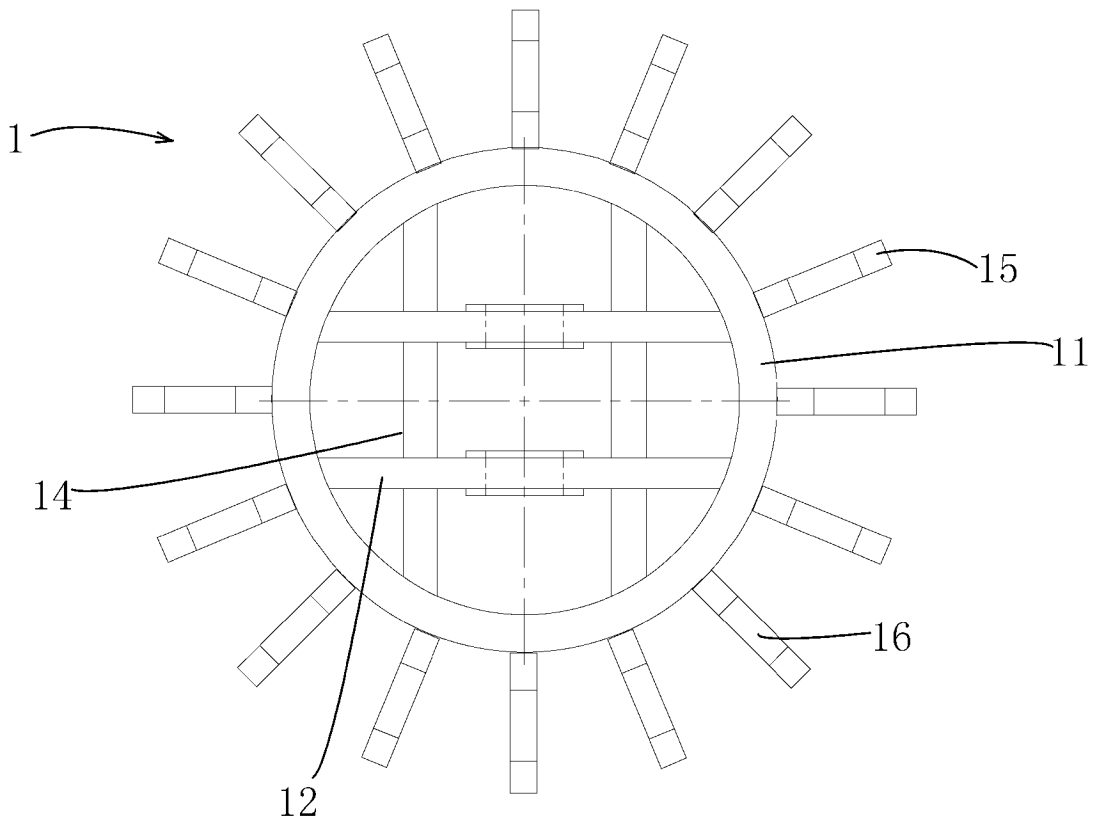


图 7B